

**PRARANCANGAN PABRIK NITROGLISERIN  
DARI GLISEROL DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN  
(Perancangan *Neutralizer* (NE-301))**

**(Skripsi)**

**Oleh:  
HERU ISMANTO  
(1615041037)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK NITROGLISERIN DARI GLISEROL DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN (Perancangan Neutralizer (NE-301))

Oleh

**HERU ISMANTO**

Nitrogliserin merupakan zat kimia yang biasa digunakan sebagai bahan dasar dari propelan jenis *double base* dan *triple base*. Campuran nitrogliserin dan nitroselulosa merupakan bahan yang umum digunakan dalam industri bahan peledak. Nitrogliserin dapat dihasilkan dari proses nitrasi giserol dengan menggunakan asam campuran yang terdiri dari asam nitrat dan asam sulfat. Penyediaan kebutuhan nitrogliserin dalam negeri masih sepenuhnya diperoleh dari impor, sehingga peluang untuk didirikanya pabrik nitrogliserin memiliki prospek yang bagus. Penyediaan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem refrigerasi, serta penyedia udara dan instrumentasi. Kapasitas produksi pabrik nitrogliserin direncanakan sebesar 10.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Tangerang, Banten. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 123 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi lini.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 253.324.652.935
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 44.704.350.518
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 298.029.003.452
<i>Total Production Cost</i>	(TPC) = Rp 213.075.428.543
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 39,28%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 17,09%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub> = 2,20 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub> = 2,61 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub> = 29,95%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub> = 23,96%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 24,50%

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka pendirian pabrik nitrogliserin ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif baik.

## ABSTRACT

### NITROGLYCERIN FACTORY PREDESIGN FROM GLYCEROL AND NITRIC ACID WITH CAPACITY OF 10,000 TONS/YEAR (Design of Neutralizer (NE-301))

By

**HERU ISMANTO**

Nitroglycerin is a chemical substance commonly used as a base material for double base and triple base propelan. A mixture of nitroglycerin and nitrocellulose is a material commonly used in the explosives industry. Nitroglycerin can be produced from the nitration process of glycerol with an acid mixture consisting of nitric acid and sulfuric acid. Domestic supply of nitroglycerin is still fully obtained from imports, so the opportunity to establish a nitroglycerin factory has good prospects. Provision of plant utilities in the form of water treatment and supply systems, refrigeration systems, as well as air supply and instrumentation. The production capacity of the nitroglycerin plant is planned to be 10.000 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in Tangerang, Banten. The required labor are 123 people with a bussines entity form Limited Liability Company (PT) with a line organizational structure.

From the economic analysis are obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = IDR 253,324,652,935
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = IDR 44,704,350,518
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = IDR 298,029,003,452
<i>Total Production Cost</i>	(TPC) = IDR 213,075,428,543
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 39.28%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 1 7.09%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub> = 2.20 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub> = 2.61 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub> = 29.95%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub> = 23.96%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 2 4.50%

Based on the results of the analysis above, then establishment of a nitroglycerin factory is worthy of further study, because it is a profitable factory from an economic standpoint and has relatively good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK NITROGLISERIN  
DARI GLISEROL DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan *Neutralizer* (NE-301))**

Oleh  
**HERU ISMANTO**  
**1615041037**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2023**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK NITROGLISERIN  
DARI GLISEROL DAN ASAM NITRAT  
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Neutralizer  
(NE-301))**

Nama Mahasiswa : **Heru Ismanto**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1615041037

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



**Dr. Sri Ismiyati D. S.T., M.Eng.**  
NIP. 197904192006041001

**Simparmin Br. Ginting. S.T., M.T.**  
NIP. 196611111994022001

2. Ketua Jurusan

**Yuli Barai, S.T., M.T.**  
NIP. 197407122000032001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Dr. Sri Ismiyati D, S.T., M.Eng.**

**Sekretaris : Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T.**

**Penguji  
Bukan pembimbing I : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**

**Bukan Pembimbing II : Dr. Eng. Dewi Agustina I. S.T., M.T.**

**2. Dekan Fakultas Teknik**

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**  
NIP. 197509282001121001

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 Januari 2023**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

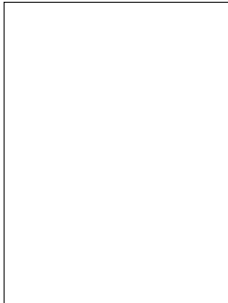
Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.



Tampung, 15 Januari 2023

Heru Ismanto  
NPM. 1615041037

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Indraloka II pada tanggal 08 Februari 1999, putra pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Suyanto dan Ibu Sutyem.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri 1 Indraloka II pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Way Kenanga pada tahun 2013, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Banjar Margo pada tahun 2016.

Pada tahun 2016, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur SBMPTN 2016. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi sebagai, Mahasiswa magang di Departemen Media Informasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila periode 2016, Staff Departemen Riset Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila periode 2017, Staff Departemen Riset Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila periode 2018, Eksekutif Muda (Eksmud) Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FT Unila Periode 2016, Staff Dinas Sosial dan Politik (SosPol) Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FT Unila Periode 2017, dan Kepala Dinas Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FT Unila Periode 2019.

Pada tahun 2019, penulis telah melakukan Kerja Praktik di PT. Pupuk Sriwidjadja Palembang dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *High Pressure Absorber Cooler* (HPAC) (EA-401)”. Penulis juga melakukan penelitian dan sudah menerbitkan jurnal di IC-Star dengan judul “Pengaruh Daya dan Lama Waktu Pemaparan *Microwave* pada *Bleaching* Lignoselulosa Tongkol Jagung”.



**A Problem?? No!!!!**  
**It's Just Another Challenge**

Try a New Thing  
Take a Risk and Go on  
Just Do it....!!!!!!

*Sebuah KaryaKu....*

*Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:*

*Allah SWT*

*Karena kehendak-Nya, semua ini dapat ku peroleh  
Atas berkah dan karunia-Nya, aku bisa menyelesaikan karya kecil ini  
Atas karunia-Nya dan anugerah-Nya, aku bisa bertahan selama ini.*

*Ayah dan Ibuku,*

*terima kasih atas segalanya, doa, kasih sayang, pengorbanan, dan  
keikhlasannya.*

*Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan  
pengorbanan dan kasih sayang selama ini*

*Terimakasih atas segalanya.*

*Adikku, Dita Aprilina,*

*terimakasih atas dukungan, doa dan keceriannya selama ini.*

*Sahabat-sahabatku,*

*terimakasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya selama  
ini.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,*

*terima kasih atas ilmu, bimbingan, nasehat dan dukungan yang telah  
diberikan selama ini.*

*Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta, semoga  
kelak berguna dikemudian hari.*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, atas segala berkat dan rahmat-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Nitrogliserin Dari Gliserol Dan Asam Nitrat Kapasitas 10.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, Ayah, Ibu, Dita serta seluruh keluarga besar atas pengorbanan, doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan, bantuan dan semangat yang telah diberikan serta cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi setiap saat.
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Sri Ismiyati D, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, saran, bimbingan, pengertian dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.

4. Ibu Simparmin Br. Ginting. S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, saran, bimbingan, nasehat, pengertian dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
5. Ibu Dr. Elida Purba. S.T., M.Sc., selaku Dosen Peguji I yang telah memberikan ilmu, pengarahan, saran, bimbingan, pengertian dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
6. Dr. Eng. Dewi Agustina I. S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan ilmu, pengarahan, saran, dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari..
7. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
8. Maulana Ikhsan Hasibuan, teman seperjuangan sehidup se-TEKKIM yang selalu kebersamai penulis, menjadi partner yang luar biasa, menjadi *supporter* serta pengingat yang baik, atas kerjasamanya dengan penulis selama ini, baik dalam penyelesaian Kerja Praktik, Penelitian, Hingga Tugas Akhir. Terimakasih karena sudah membantu dan terus berjuang hingga titik darah penghabisan untuk mendapatkan gelar ini. Semoga nantinya kita menjadi orang yang sukses dan bermanfaat bagi sesama.

9. Pangesti Anggraeni, S.T. ku yang dengan sabar selalu menasehati, mengingatkan, memberikan motivasi, dan menemani penulis hingga saat ini dan nanti.
10. Defri Riawan, Sahabat sedari SMA yang selalu sabar, ceria, dan lucu. Terimakasih karena selalu memberikan support, dukungan dan semangatnya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga kedepannya tetap semangat dan bisa mendapatkan yang lebih baik.
11. Teman-teman boyo, Sigit Permadi, Neo Kurniawan, Jeri Parsad Akrami, Adhitia Yulianto, Restu Damaru, Rian Adi Prayoga yang gak tau koleksinya sudah berapa banyak saat ini. Terimakasih untuk keceriaan, candaan, kekonyolan, nasehat, waktu luang, obrolan-obrolan ngelanturnya, semoga kedepannya masa-masa saat kuliah ini akan menjadi pengingat dan cerita bahwa Kontrakan Boyo (KOBOY) itu benar adanya. Sukses, sehat, jaya selalu untuk kita masing-masing.
12. Teman-teman Teknik Kimia FT Unila 2016, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini dapat dipergunakan sebaik-baiknya.

Bandar Lampung, 03 Februari 2023

Penulis,

Heru Ismanto

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>viii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>ix</b>
<b>SEMBAHAN</b> .....	<b>x</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1    Latar Belakang .....	25
1.2    Kegunaan Produk .....	26
1.3    Analisis Pasar .....	27
1.4    Ketersediaan Bahan Baku .....	31
1.5    Lokasi Pabrik .....	31
<b>BAB II PEMILIHAN PROSES</b>	
2.1    Jenis-Jenis Proses .....	33
2.2    Tinjauan Proses .....	36
<b>BAB III SPESIFIKASI BAHAN</b>	
3.1.    Bahan Baku .....	49
3.2.    Bahan Penunjang .....	50
3.3.    Produk .....	51

**BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI**

4.1.	Neraca Massa .....	28
4.2.	Neraca Energi.....	34

**BAB V SPESIFIKASI ALAT**

5.1	Spesifikasi Alat Proses.....	43
5.2	Spesifikasi Alat Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	60
5.3	Spesifikasi Alat Unit Penyediaan Udara Tekan.....	83
5.4	Spesifikasi Alat Unit Refrigerasi.....	86
5.5	Spesifikasi Alat Sistem Pembangkit Tenaga Listrik.....	96
5.6	Spesifikasi Alat Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	96

**BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

6.1.	Unit Utilitas.....	98
6.2.	Unit Pengolahan Limbah .....	111
6.3.	Laboratorium.....	112
6.4.	Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	114

**BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK**

7.1.	Lokasi Pabrik .....	118
7.2.	Tata Letak Pabrik.....	119
7.3.	Estimasi Area Pabrik.....	122
7.4.	Tata Letak Peralatan Proses .....	123
7.5.	Lokasi Pendirian Pabrik.....	125

**BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN**

8.1.	Bentuk Perusahaan.....	126
8.2.	Struktur Organisasi Perusahaan .....	128
8.3.	Tugas dan Wewenang .....	131
8.4.	Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	137



8.5.	Pembagian Pukul Kerja Karyawan .....	138
8.6.	Pembagian Pukul Kerja Karyawan .....	139
8.7.	Kesejahteraan Karyawan .....	145
8.8.	Cuti.....	145
8.9.	Pakaian Kerja .....	145
8.10.	Pengobatan.....	145
8.11.	Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Kesehatan (BPJS Kesehatan) 146	
8.12.	Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	146

#### **BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

9.1.	Total Capital Investment (TCI).....	148
9.2.	Total Production Cost (TPC) .....	149
9.3.	Evaluasi Ekonomi .....	152
9.4.	Angsuran Pinjaman .....	155
9.5.	Discounted Cash Flow (DCF).....	159

#### **BAB X SIMPULAN DAN SARAN**

10.1.	Simpulan .....	160
10.2.	Saran .....	160

#### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Data Impor Nitrogliserin dalam bentuk <i>Propellant Powders</i> .....	3
Tabel 1.2. Data Kebutuhan Nitrogliserin dalam bentuk <i>Propellant Powders</i> di Negara Lain .....	5
Tabel 2.1. Data <i>Enthalpy</i> dan Energi Bebas <i>Gibbs</i> pada $T = 298,15 \text{ K}$ ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ...	13
Tabel 2.2. Data <i>heat capacity</i> .....	16
Tabel 2.3. Harga Bahan Baku dan Produk .....	19
Tabel 2.4. Stoikiometri Persamaan .....	20
Tabel 2.5. Perbandingan Proses Pembuatan Nitrogliserin .....	24
Tabel 4.1. Neraca Massa Total pada <i>Mixing Point</i> (MP-101) .....	29
Tabel 4.2. Neraca Massa Total pada <i>Nitration Reactor</i> (RE-201) .....	30
Tabel 4.3. Neraca Massa Total pada <i>Decanter</i> (DC-301) .....	31
Tabel 4.4. Neraca Massa Total pada <i>Mixing Tank</i> (MT-301) .....	31
Tabel 4.5. Neraca Massa Total pada <i>Neutralizer</i> (NE-301) .....	32
Tabel 4.6. Neraca Massa Total pada <i>Decanter</i> (DC-302) .....	33
Tabel 4.7. Neraca Energi Total pada <i>Mixing Point</i> (MP-101) .....	35
Tabel 4.8. Neraca Energi Total pada <i>Cooler</i> (CO-201) .....	35
Tabel 4.9. Neraca Energi Total pada <i>Cooler</i> (CO-202) .....	36
Tabel 4.10. Neraca Energi Total pada <i>Nitration Reactor</i> (RE-201) .....	37
Tabel 4.11. Neraca Energi Total pada <i>Decanter</i> (DC-301) .....	38
Tabel 4.12. Neraca Energi Total pada <i>Mixing Tank</i> (MT-301) .....	39
Tabel 4.13. Neraca Energi Total pada <i>Cooler</i> (CO-301) .....	39
Tabel 4.14. Neraca Energi Total pada <i>Neutralizer</i> (NE-301) .....	40
Tabel 4.15. Neraca Energi Total pada <i>Decanter</i> (DC-302) .....	41
Tabel 5.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-101) .....	43
Tabel 5.2. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-102) .....	43
Tabel 5.3. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-201) .....	44
Tabel 5.4. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-401) .....	45
Tabel 5.5. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-101) .....	45

Tabel 5.6. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-102).....	46
Tabel 5.7. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-201).....	47
Tabel 5.8. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-202).....	47
Tabel 5.9. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-301).....	48
Tabel 5.10. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-302).....	49
Tabel 5.11. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-301).....	49
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201) .....	51
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-202) .....	52
Tabel 5.14. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301) .....	52
Tabel 5.15. Spesifikasi <i>Nitration Reactor</i> (RE-201).....	53
Tabel 5.16. Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-301).....	55
Tabel 5.17. Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-302).....	55
Tabel 5.18. Spesifikasi Gudang (GD-301).....	56
Tabel 5.19. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-301).....	57
Tabel 5.20. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301) .....	57
Tabel 5.21. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP-301).....	58
Tabel 5.22. Spesifikasi <i>Neutralizer</i> (NE-301).....	58
Tabel 5.23. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401) .....	60
Tabel 5.24. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402) .....	60
Tabel 5.25. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403) .....	61
Tabel 5.26. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404) .....	62
Tabel 5.27. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405) .....	63
Tabel 5.28. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406) .....	63
Tabel 5.29. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407) .....	64
Tabel 5.30. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408) .....	65
Tabel 5.31. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409) .....	65
Tabel 5.32. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410) .....	66
Tabel 5.33. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411) .....	67
Tabel 5.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412) .....	67
Tabel 5.35. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413) .....	68
Tabel 5.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414) .....	69
Tabel 5.37. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415) .....	70

Tabel 5.38. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401) .....	70
Tabel 5.39. Spesifikasi Gudang (GD-401).....	71
Tabel 5.40. Spesifikasi Gudang (GD-402).....	71
Tabel 5.41. Spesifikasi Gudang (GD-403).....	72
Tabel 5.42. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-401).....	73
Tabel 5.43. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-402).....	74
Tabel 5.44. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-403).....	74
Tabel 5.45. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-401) .....	75
Tabel 5.46. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-402) .....	76
Tabel 5.47. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-403) .....	76
Tabel 5.48. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401) .....	77
Tabel 5.49. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401) .....	78
Tabel 5.50. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-401).....	78
Tabel 5.51. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-402).....	79
Tabel 5.52. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-403).....	80
Tabel 5.53. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-404).....	80
Tabel 5.54. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	81
Tabel 5.55. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	82
Tabel 5.56. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-401).....	82
Tabel 5.57. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (AB-501).....	83
Tabel 5.58. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (AB-502).....	84
Tabel 5.59. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (AB-503).....	84
Tabel 5.60. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (AB-504).....	84
Tabel 5.61. Spesifikasi <i>Cyclones</i> (CY-501).....	85
Tabel 5.62. Spesifikasi <i>Adsorber</i> (AD-501) .....	85
Tabel 5.63. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-501).....	86
Tabel 5.64. Spesifikasi <i>Receiver</i> (RC-601).....	86
Tabel 5.65. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-601) .....	87
Tabel 5.66. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-602) .....	87
Tabel 5.67. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-603) .....	88
Tabel 5.68. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-604) .....	89
Tabel 5.69. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-605) .....	90

Tabel 5.70. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-606) .....	90
Tabel 5.71. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-601).....	91
Tabel 5.72. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-601).....	92
Tabel 5.73. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-601) .....	92
Tabel 5.74. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-601) .....	93
Tabel 5.75. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-601) .....	94
Tabel 5.76. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-602).....	94
Tabel 5.77. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-601).....	95
Tabel 5.78. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-601).....	96
Tabel 5.79. Spesifikasi Generator Listrik (GL-701) .....	96
Tabel 5.80. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-801) .....	96
Tabel 6.1. Kebutuhan Air untuk Sanitasi dan Sarana Umum .....	99
Tabel 6.2. Kebutuhan Air untuk Pendinginan.....	100
Tabel 6.3. Kebutuhan Air untuk Pengenceran .....	103
Tabel 6.4. Kebutuhan Air untuk Pemadam Kebakaran ( <i>Hydrant</i> ).....	103
Tabel 6.5. Kebutuhan Air Total .....	104
Tabel 6.6. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian .....	115
Tabel 6.7. Alat Ukur Variabel Proses .....	115
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik.....	122
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu .....	139
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan .....	140
Tabel 8.3. Jumlah Operator Alat Proses .....	141
Tabel 8.4. Jumlah Operator Alat Utilitas .....	142
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	143
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i> .....	148
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i> .....	150
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i> .....	151
Tabel 9.4. Daftar Gaji Karyawan .....	151
Tabel 9.5. <i>Minimum acceptable percent return on investment</i> .....	153
Tabel 9.6. <i>Acceptable payout time</i> untuk tingkat risiko pabrik.....	154
Tabel 9.7. <i>Discounted Cash Flow</i> Pabrik Nitrogliserin Kapasitas 10.000 ton/tahun.....	156

Tabel 9.8. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi .....	159
--	-----

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Grafik Data Impor Nitrogliserin ke Indonesia .....	4
Gambar 1.2. Grafik Data Kebutuhan Nitrogliserin di Luar Negeri .....	6
Gambar 2.1. Schmid-Meissner <i>continuous method for manufacturing nitroglycerin</i> (Urbanski, 1965) .....	10
Gambar 2.2. <i>Flowsheet</i> berdasarkan dari proses Biazzi .....	12
Gambar 4.1. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Mixing Point</i> (MP-101) .....	29
Gambar 4.2. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Nitration Reactor</i> .....	29
Gambar 4.3. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Decanter</i> (DC-301).....	30
Gambar 4.4. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Mixing Tank</i> (MT-301).....	31
Gambar 4.5. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Neutralizer</i> (NE-301) .....	32
Gambar 4.6. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Decanter</i> (DC-302).....	33
Gambar 4.7. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	34
Gambar 4.8. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-201).....	35
Gambar 4.9. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-202).....	36
Gambar 4.10. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Nitration Reactor</i> .....	37
Gambar 4.11. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Decanter</i> (DC-301) .....	38
Gambar 4.12. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Mixing Tank</i> (MT-301) .....	38
Gambar 4.13. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-301).....	39
Gambar 4.14. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Neutralizer</i> (NE-301) .....	40
Gambar 4.15. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Decanter</i> (DC-302) .....	41
Gambar 6.1. <i>Cooling Tower</i> .....	102
Gambar 6.2. Diagram <i>Cooling Water System</i> .....	103
Gambar 6.3. Diagram Alir Pengolahan Air .....	104
Gambar 7.1. Tata Letak Pabrik .....	122
Gambar 7.2. Tata Letak Peralatan Proses .....	124
Gambar 7.3. Peta Kota Tangerang (Pemerintah Kota Tangerang, 2021) .....	125
Gambar 7.4. Peta Lokasi Pabrik (Google Earth, 2022).....	125
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	130

Gambar 9.1. <i>Grafik Break Even Point (BEP)</i> .....	155
Gambar 9.2. <i>Kurva Cumulative Cash Flow</i> .....	159



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri pertahanan menjadi salah satu hal krusial dalam rangka mendukung sistem pertahanan negara untuk menjamin kelangsungan hidup maupun eksistensi bangsa dan negara. Industri pertahanan yang kuat mempunyai dua efek utama, yakni efek langsung terhadap pembangunan kemampuan pertahanan dan efek terhadap pembangunan ekonomi dan teknologi nasional (Aida, 2021).

Untuk mewujudkan kemandirian industri pertahanan, pemerintah telah merumuskan *road map* Pembinaan Produk Alpahankam (Alat Peralatan Pertahanan dan Keamanan). Dalam *road map* tersebut memuat tujuh program prioritas industri pertahanan nasional yaitu propelan, roket, rudal, medium tank, radar, kapal selam dan pesawat tempur (Aida, 2021).

Propelan atau disebut juga bahan pendorong atau bubuk mesiu, memiliki nilai strategis yang tinggi, dikarenakan merupakan bahan untuk meluncurkan munisi dan roket dalam sistem persenjataan yang bahan bakunya adalah nitrogliserin (gliseril trinitrat). Nitrogliserin merupakan zat kimia yang mempunyai rumus molekul  $C_3H_5N_3O_9$ , dapat dihasilkan dari proses nitrasi gliserol pada kondisi tertentu dengan menggunakan asam campuran yang terdiri dari asam nitrat dan asam sulfat (PT Pindad (Persero), 2018; Zaidar, 2003).

Nitrogliserin merupakan salah satu bahan dasar dari propelan jenis *double base* dan *triple base*. Campuran nitrogliserin dan nitroselulosa merupakan bahan yang umum digunakan dalam industri bahan peledak. Selain itu, nitrogliserin juga juga digunakan dalam bidang kesehatan untuk meredakan rasa sakit dan mengurangi frekuensi serangan *angina pectoris* (angin duduk). Tablet nitrogliserin biasa larut di bawah lidah dalam 20 detik dan meredakan sakit dalam 3 menit (Zaidar, 2003).

Kebutuhan dalam negeri akan nitrogliserin terus meningkat seiring berjalannya waktu mengingat perannya yang sangat penting, dari tahun 2014

hingga 2018 kebutuhan nitroglycerin di Indonesia mencapai 1464,52 ton yang sepenuhnya diimpor dari negara lain seperti Cina, Korea Selatan, Australia, Belgia, Ceko, Afrika Selatan dan Singapura dalam bentuk *propellant powders* (UN Comtrade Database, 2022) sementara pabrik yang memproduksi nitroglycerin di Indonesia sendiri masih belum ada, sedangkan bahan baku pembuatan nitroglycerin yaitu gliserol, asam nitrat dan asam sulfat telah tersedia di dalam negeri.

Ini merupakan suatu peluang untuk didirikannya pabrik nitroglycerin yang diharapkan memiliki prospek yang cerah di masa depan, disisi lain juga membantu pemerintah dalam mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri serta mengantisipasi bila sewaktu-waktu Indonesia terkena embargo (pelarangan perniagaan dan perdagangan) dari negara pengimpor. Nitroglycerin yang diproduksi diutamakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya dapat diekspor untuk menambah devisa negara serta memperluas lapangan pekerjaan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

## 1.2 Kegunaan Produk

Nitroglycerin dapat digunakan untuk berbagai keperluan berikut:

1. Bahan peledak, nitroglycerin merupakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan berbagai jenis bahan peledak, seperti peledak *double base* (bahan dasar terdiri dari dua senyawa) untuk senjata ukuran kecil (*small arms*), besar seperti meriam, mortir dan pendorong (propelan) roket serta peledak *triple base* (Zaidar, 2003). Bahan peledak yang dibuat dari gliserin juga digunakan pada bidang konstruksi, demolisi dan pertambangan. Komposisi nitroglycerin yang digunakan sebagai bahan baku peledak adalah 50% (Bergman, 2008).
2. Dalam bidang kesehatan, nitroglycerin digunakan sebagai obat untuk mengurangi dan mencegah *angina* (nyeri dada) akibat penyakit jantung koroner. Cara kerjanya yaitu dengan melebarkan pembuluh darah, dan meningkatkan pasokan darah serta oksigen ke otot jantung. Obat ini tersedia dalam bentuk tablet minum, tablet sublingual, dan suntik. Tablet sublingual biasa larut dibawah lidah dalam 20 detik dan meredakan sakit dalam 3 menit. Kemurnian nitroglycerin yang digunakan sebagai bahan baku dalam bidang

kesehatan berkisar antara 2 - 20% (Alodokter, 2020; Copperhead Chemical Company, 2019).

### 1.3 Analisis Pasar

Analisis pasar merupakan metode untuk mengetahui seberapa besar permintaan kebutuhan suatu produk. Kebutuhan pasar suatu produk dapat dianalisis menggunakan beberapa aspek, salah satunya adalah analisis sistem perekonomian terbuka yang meliputi ekspor dan impor produk (Sugiarto, 2000), sehingga perlu menganalisis data-data berikut:

#### 1.3.1 Data Impor

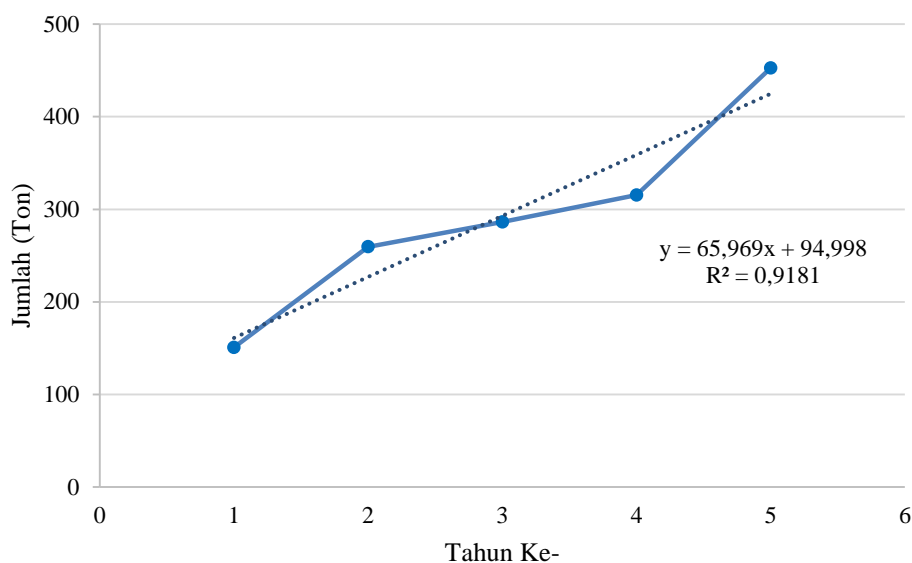
Berikut ini adalah data impor nitrogliserin ke Indonesia dalam beberapa tahun terakhir:

**Tabel 1.1.** Data Impor Nitrogliserin dalam bentuk *Propellant Powders* Ke Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2014	151
2015	259
2016	286
2017	315
2018	453

Sumber: (UN Comtrade Database, 2022)

Berdasarkan Tabel 1.1., nitrogliserin ke Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan, oleh karena itu perlu didirikannya pabrik yang memproduksi nitrogliserin untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Data impor tersebut kemudian dipresentasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



**Gambar 1.1.** Grafik Data Impor Nitrogliserin ke Indonesia

Berdasarkan data pada Gambar 1.1. akan diperoleh proyeksi kebutuhan nitrogliserin di Indonesia di tahun yang akan datang, dan diperoleh persamaan garis lurus berikut:

$$y = 65,969x + 94,998$$

... (1)

Dimana:

y = Kebutuhan nitrogliserin di Indonesia

x = Tahun ke-

Pada sumbu x terdapat tahun ke-, yang artinya:

Tahun Ke-1 = 2014

Tahun Ke-2 = 2015

Tahun Ke-3 = 2016...dst

Proyeksi kebutuhan di tahun 2027 yaitu tahun ke-14 (tahun pendirian pabrik) dapat dicari menggunakan persamaan diatas, sehingga

$$y = 65,969x + 94,998$$

$$y = 65,969 (14) + 94,998$$

$$y = 1.019 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas menggunakan persamaan (1) dapat diproyeksikan kebutuhan nitrogliserin di Indonesia pada tahun 2027 adalah sebesar 1.019 ton/tahun.

### 1.3.2 Data Kebutuhan di Negara Lain

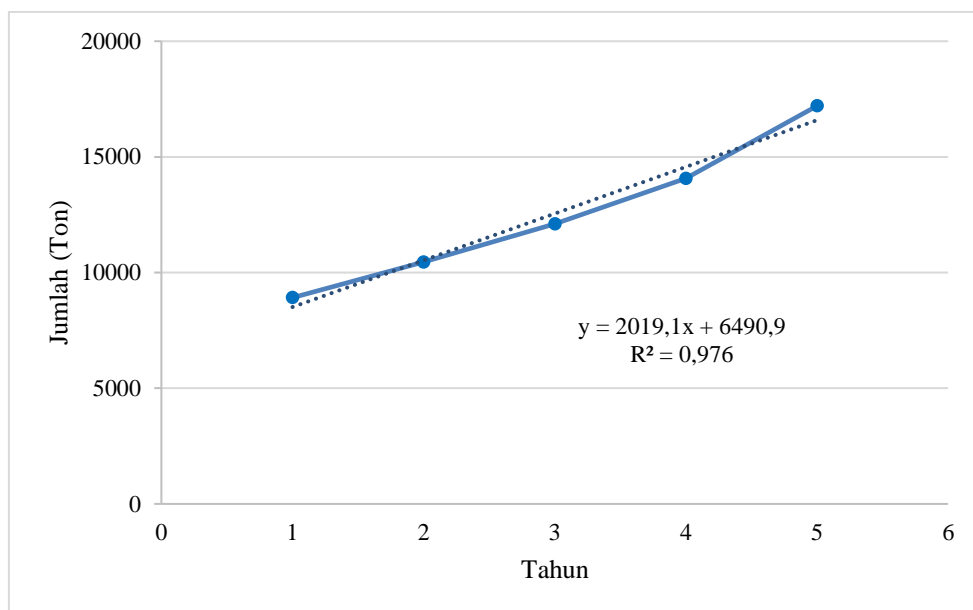
Data kebutuhan di negara lain juga dibutuhkan untuk penjualan keluar negeri bila nantinya pabrik nitrogliserin telah beroperasi. Selain menambah pemasukkan untuk pabrik, nilai ekspor nitrogliserin juga dapat menambah devisa negara. Berikut merupakan kebutuhan nitrogliserin di negara lain dalam beberapa tahun terakhir:

**Tabel 1.2.** Data Kebutuhan Nitrogliserin dalam bentuk *Propellant Powders* di Negara Lain

Negara	Tahun					Jumlah (Ton)
	2014	2015	2016	2017	2018	
	1	2	3	4	5	
USA	2.686	4.934	3.471	5.180	4.417	20.688
Etiopia	3.384	1.699	3.312	3.482	5.859	17.736
Prancis	2.426	949	1.229	887	1.464	6.955
Italia	0	1.462	1.652	1.575	1.700	6.389
Cina	419	1.412	829	1.158	2.071	5.889
Jerman	0	0	1.604	1.787	1.694	5.085
Jumlah (Ton)	8.915	10.456	12.098	14.069	17.204	

Sumber: (UN Comtrade Database, 2022)

Dari data diatas dapat dilihat bahwa kebutuhan nitrogliserin di negara lain semakin mengalami peningkatan, data tersebut selanjutnya dipresentasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



**Gambar 1.2.** Grafik Data Kebutuhan Nitrogliserin di Luar Negeri

Dari Gambar 1.2., dengan pendekatan regresi *linier* diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y = 2.019,1x + 6.490,9$$

... (2)

Dimana:

y = Kebutuhan nitrogliserin di luar negeri

x = Tahun ke-

Proyeksi kebutuhan di tahun 2027 yaitu tahun ke-14 dapat dicari menggunakan persamaan diatas, sehingga

$$y = 2.019,1x + 6.490,9$$

$$y = 2.019,1 (14) + 6.490,9$$

$$y = 34.758 \text{ ton}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diproyeksikan kebutuhan nitrogliserin di negara lain pada tahun 2027 adalah sebesar 34.758 ton/tahun.

### 1.3.3 Kapasitas Rancangan

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1999 tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat BAB IV Pasal 17 Ayat (2) Poin C disebutkan bahwa satu pelaku usaha atau satu kelompok pelaku usaha dilarang menguasai lebih dari 50% pangsa pasar satu jenis barang atau jasa tertentu (Presiden Republik Indonesia, 1999), dan

pangsa pasar untuk ekspor yang ingin kuasai ialah sebesar 50%, sehingga kapasitas produksi nitrogliserin pada tahun 2027 dirancang sebesar:

$$\text{Kapasitas Produksi} = (1.019 + (34.758 \times 50\%)) \times 50\%$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 9.199 \approx 10.000 \text{ ton/tahun.}$$

#### **1.4 Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku pembuatan nitrogliserin terdiri dari gliserin dan asam nitrat, gliserin diperoleh dari PT Cisadane Raya Chemicals, Tangerang dengan kapasitas 9.000 ton/tahun (Sari, 2022) dan PT Sumi Asih Olechemical Industry, Bekasi, dengan kapasitas 5.700 ton/tahun (Fajrin, 2017), asam nitrat diperoleh dari PT Multi Nitrotama Kimia, Cikampek kapasitas 55.000 ton/tahun (PT Multi Nitrotama Kimia, 2022). Asam sulfat digunakan sebagai katalis yang diperoleh dari PT Indonesian Acid Industri, Jakarta Timur kapasitas 82.500 ton/tahun (PT Indonesian Acid Industri, 2022) dan natrium karbonat sebagai penetral diimpor dari Tata Chemicals Limited, India kapasitas 900.000 ton/tahun (Tata Chemicals Limited, 2020).

#### **1.5 Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik sangat penting dalam keberhasilan pendirian pabrik. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik agar dapat menghasilkan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta keuntungan yang diperoleh maksimal yaitu:

##### **1. Ketersediaan Bahan Baku**

Lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku akan memudahkan proses produksi dan meminimalkan biaya transportasi, dalam pendirian pabrik nitrogliserin ini bahan baku yang dibutuhkan adalah gliserin yang diperoleh dari PT Cisadane Raya Chemicals, Tangerang, Banten dan asam nitrat dari PT Multi Nitrotama Kimia, Cikampek, Jawa Barat. Asam sulfat dari PT Indonesian Acid Industri, Jakarta Timur, Jakarta digunakan sebagai katalis dan natrium karbonat yang diimpor dari Tata Chemicals Limited, Gujarat, India sebagai penetral.

## **2. Daerah Pemasaran**

Produk yang dihasilkan utamanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri pertahanan dalam negeri dimana industri-industri tersebut banyak terdapat di Jawa Barat seperti PT Dahana dan PT Pindad. Selain itu produk juga akan diekspor ke beberapa negara lain yang membutuhkan seperti Amerika Serikat, Etiopia, Prancis, Italia, Cina, Jerman, dan lain-lain.

## **3. Fasilitas Transportasi**

Target terbesar pemasaran adalah untuk ekspor sehingga salah satu pertimbangan yang penting adalah dekatnya lokasi pabrik dengan pelabuhan. Kota Tangerang merupakan daerah yang dekat dengan Pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta Utara dengan jarak satu jam perjalanan. Daerah ini juga terhubung dengan akses tol langsung yang akan memudahkan distribusi bahan baku serta pemasaran produk.

## **4. Sumber Air**

Pemilihan lokasi pabrik harus dekat dengan sumber air yang ketersediaannya melimpah. Di Tangerang terdapat sumber air yang berasal dari Sungai Cisadane dan di Cikampek terdapat sumber air dari Sungai Citarum.

Ditinjau dari ketersediaan bahan baku ketiga daerah memiliki potensi yang sama untuk didirikannya pabrik, dilihat dari target pemasaran Kabupaten Cikampek lebih unggul karena dekat dengan industri yang menjadi target pemasaran di dalam negeri.

Dari fasilitas transportasi dan sumber air, Kota Tangerang lebih unggul karena jarak ke pelabuhan lebih dekat dimana target terbesar pemasaran adalah untuk ekspor, selain itu terdapat sumber air yang berasal dari Sungai Cisadane. Dengan pertimbangan-pertimbangan diatas maka pabrik akan didirikan di Kota Tangerang, Banten.



## BAB II

### PEMILIHAN PROSES

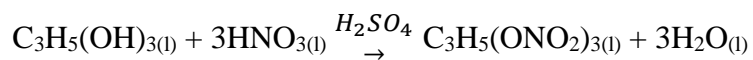
#### 2.1 Jenis-Jenis Proses

*Nitroglycerin* (NG) diproduksi dengan cara nitrasi dari gliserin dengan asam campuran (asam nitrat dan asam sulfat). Proses pembuatan nitroglicerol mulanya adalah secara *batch*, sistem *batch* ini berbahaya dikarenakan adanya akumulasi nitroglicerol dalam reaktor yang sensitif terhadap gesekan. Sistem kontinu telah diusulkan dan paten untuk nitrasi gliserol secara kontinu telah diajukan. Akan tetapi karena *safety* masih diragukan maka belum ada persetujuan dari sistem tersebut. Hingga pada tahun 1927 proses Schmid dirancang dan 1935 proses Biazzi telah dikembangkan. Proses kontinu ini telah diakui efisien dan aman.

##### 2.1.1. Proses Schmid-Meissner

Pada proses Schmid-meissner melibatkan beberapa tahapan diantaranya proses nitrasi secara kontinu dari gliserin dan *mixed acid* (HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), pemisahan produk nitrasi berupa nitroglicerol dari *spent acid* (HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>O) dan pemurnian nitroglicerol (netralisasi dan pencucian) (Headquarters, 1984).

Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:

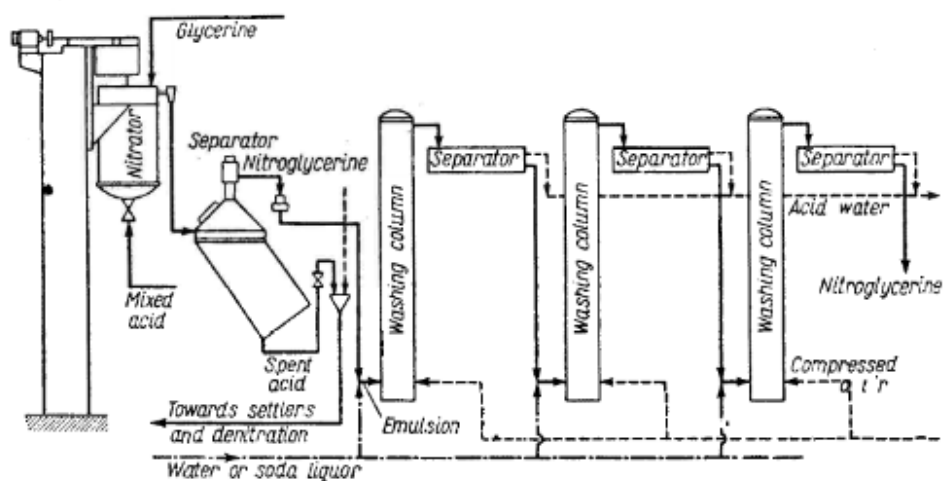


Reaktor pada proses ini (*nitrator*) merupakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan pipa *overflow* pada bagian atas untuk pengeluaran produk nitrasi. Campuran *mixed acid* masuk melalui bagian bawah *nitrator* dan juga terdapat *dump valve* yang berfungsi sebagai pembuangan untuk ke *drowning tank*, gliserin secara bersamaan dimasukkan dari bagian atas *nitrator*.

Suhu pada *nitrator* tidak boleh melebihi 18 °C, konversi pada *nitrator* sebesar 93% (Urbanski, 1965). Produk nitroglicerol dan *spent acid* mengalir secara kontinu melalui pipa *overflow* menuju ke separator untuk pemisahan *spent acid*. Karena perbedaan densitas, *spent acid* akan mengendap dibagian

bawah separator dan nitrogliserin dibagian atas. *Spent acid* kemudian ditujukan ke pabrik *recovery* asam dan nitrogliserin mengalir secara gravitasi ke dasar *washing column* pertama (lihat gambar 2.1).

Nitrogliserin dari separator memasuki bagian bawah *washing column* pertama, dicampur dengan air dan udara dari bagian bawah *washing column* dengan tujuan untuk mengemulsikan nitrogliserin. Sehingga memaksa nitrogliserin naik ke bagian atas kolom, dimana emulsi nitrogliserin meluap ke separator intermediet kemudian menuju ke *washing column* kedua. Pada *washing column* kedua, nitrogliserin dinetralkan dengan larutan natrium karbonat dan kemudian diemulsi dengan udara. Selanjutnya emulsi mengalir dari bagian atas kolom ke separator intermediet lain dimana nitrogliserin dipisahkan dari natrium karbonat untuk kemudian disimpan di dalam tangki (Headquarters, 1984).

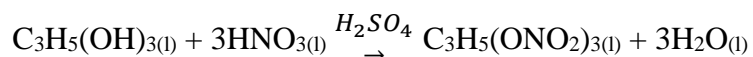


**Gambar 2.1** Schmid-Meissner *continuous method for manufacturing nitroglycerin* (Urbanski, 1965)

### 2.1.2. Proses Biazzi

Proses ini mirip dengan Schmid-Meissner, namun dianggap lebih aman karena jumlah nitrogliserin yang lebih rendah. Pada proses ini, campuran asam ( $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan gliserol diumpankan dari bagian atas nitrator dengan menggunakan *metering pump*, kedua aliran tersebut diatur dengan menggunakan *speed controller*.

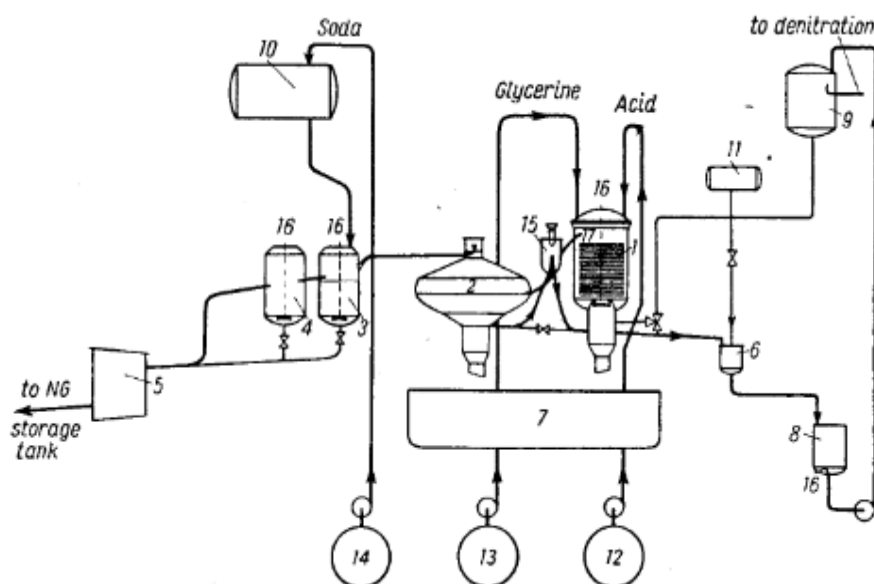
Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Konversi pada nitrator sebesar 99,18 % dengan kecepatan pengadukan sebesar 600 rpm. Suhu di dalam nitrator dijaga pada 15 °C dengan *cooling coil* yang dialirkan *counterflow* dengan umpan. Dengan pengaturan ini, memungkinkan reaksi berlangsung cepat karena penyerapan panas yang cepat pada nitrator. Setelah proses nitrasi selesai, nitrogliserin mengalir melalui pipa *over flow* yang mengarah ke separator. Di dalam separator, pada bagian atas adalah nitrogliserin dan bagian bawah adalah *spent acid* (HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>O). *Spent acid* pada bagian bawah separator keluar melalui *dump valve*. Prinsip pemisahan pada separator berdasarkan perbedaan densitas dari nitrogliserin dengan *spent acid*. Pemisahan ini tidak lebih dari 10 menit (Urbanski, 1965).

*Spent acid* mengalir secara kontinu dari bagian bawah *centrifuge* melalui *dump valve*. Setelah meninggalkan *centrifuge*, asam dilewatkan melalui *separator* dimana beberapa produk nitrogliserin diperoleh kembali. *Spent acid* yang meninggalkan *separator* biasanya diencerkan dengan air (1-2 %) untuk melarutkan sisa-sisa produk nitrasi terlarut untuk selanjutnya dikirim ke *denitration*.

Produk nitrogliserin yang diperoleh dari *centrifuge* masuk ke dalam *washing column* pertama untuk dinetralkan dari asam yang masih tersisa dengan menggunakan natrium karbonat. Nitrogliserin yang sudah dinetralkan kemudian masuk ke *washing column* kedua untuk diemulsikan dengan menggunakan *hot water* dan selanjutnya dialirkan ke separator untuk memperoleh produk nitrogliserin, setelah itu nitrogliserin yang diperoleh disimpan dalam tangki penyimpanan (Urbanski, 1965).



**Gambar 2.2** Flowsheet berdasarkan dari proses Biazzi  
(Urbanski, 1965) hal. 108

## 2.2 Tinjauan Proses

### 2.2.1. Tinjauan Termodinamika

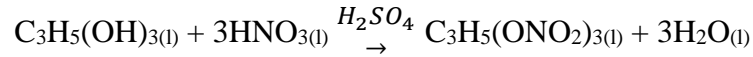
Tinjauan ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya energi yang diperlukan atau dihasilkan dari suatu proses reaksi, sehingga dapat diketahui langkah-langkah untuk menangani proses tersebut. Hal ini dapat dilihat dari perubahan *enthalpy* ( $\Delta H$ ) dan perubahan energi bebas *gibbs* ( $\Delta G$ ).

Perubahan *enthalpy* menunjukkan besarnya panas yang dihasilkan atau dilepaskan dari suatu reaksi. Apabila perubahan *enthalpy* bernilai negatif (-) hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi berlangsung pada kondisi eksotermis yang berarti proses tersebut menghasilkan panas akibat dari reaksi. Jika perubahan *enthalpy* bernilai (+) hal ini berarti proses tersebut membutuhkan panas untuk melangsungkan reaksi atau biasa disebut proses berlangsung secara endotermis (Himmelblau & Riggs, 2012).

Energi bebas *gibbs* ( $G$ ) merupakan gabungan dari entalpi dan entropi menjadi satu nilai. Perubahan energi bebas *gibbs* ( $\Delta G$ ) adalah jumlah entalpi ditambah suhu yang dihasilkan dan entropi sistem.  $G$  dapat memprediksi arah reaksi kimia dalam dua kondisi: 1). Temperatur konstan dan 2). Tekanan konstan. Jika  $\Delta G$  bernilai positif (+) hal ini menunjukkan reaksi tidak spontan (yang berarti masukan energi eksternal diperlukan agar reaksi dapat terjadi,

*endergonic*) dan jika bernilai negatif (-) reaksi berlangsung spontan (reaksi dapat terjadi tanpa masukan energi dari luar, *exergonic*) (Doan, et al., 2021).

Reaksi yang terjadi pada proses nitrifikasi untuk membentuk nitrogliserin adalah sebagai berikut:



**Tabel 2.1.** Data *Enthalpy* dan Energi Bebas *Gibbs* pada T = 298,15 K (25 °C)

Komponen	Rumus Molekul	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)
<i>Glycerol</i>	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_{3(l)}$	-665,925 <sup>a</sup>	-438,52 <sup>b</sup>
<i>Nitric acid</i>	$\text{HNO}_3(l)$	-173,008 <sup>a</sup>	-152,15 <sup>b</sup>
<i>Nitroglycerine</i>	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_{3(l)}$	-368,462 <sup>a</sup>	-236,41 <sup>b</sup>
<i>Water</i>	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-285,838 <sup>a</sup>	-237,14 <sup>c</sup>

Sumber: a. Lu, et al., (2008), b. Chemeo, (2022), c. Dean, (1999)

Dari data Tabel 2.1. tersebut dapat dicari nilai perubahan *enthalpy* ( $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ ) dan *gibbs free energy* ( $\Delta G^\circ_{\text{rxn}}$ ) pada proses reaksi glycerol dengan asam nitrat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{\text{rxn}} &= (\sum v_i \Delta H_{fi}^\circ (\text{produk}) - \sum v_i \Delta H_{fi}^\circ (\text{reaktan})) \quad \dots\dots\dots(1) \\ &\quad \text{(Himmelblau \& Riggs, 2012)} \\ &= (v_{\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3} \cdot \Delta H_{f^\circ}^{\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3} + v_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta H_{f^\circ}^{\text{H}_2\text{O}}) - \\ &\quad (v_{\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3} \cdot \Delta H_{f^\circ}^{\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3} + v_{\text{HNO}_3} \cdot \Delta H_{f^\circ}^{\text{HNO}_3}) \\ &= \{(1 \cdot -368,462) + (3 \cdot -285,838)\} - \{(1 \cdot -665,925) + (3 \cdot -173,008)\} \\ &= (-1.225,976) - (-1.184,949) \\ &= -41.03 \text{ kJ/mol C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{\text{rxn}} &= (\sum v_i \Delta G_{fi}^\circ (\text{produk}) - \sum v_i \Delta G_{fi}^\circ (\text{reaktan})) \quad \dots\dots\dots(2) \\ &\quad \text{(Atkins \& Paula, 2006)} \\ &= (v_{\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3} \cdot \Delta G_{f^\circ}^{\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3} + v_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta G_{f^\circ}^{\text{H}_2\text{O}}) - \\ &\quad (v_{\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3} \cdot \Delta G_{f^\circ}^{\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3} + v_{\text{HNO}_3} \cdot \Delta G_{f^\circ}^{\text{HNO}_3}) \\ &= \{(1 \cdot -236,41) + (3 \cdot -237,14)\} - \{(1 \cdot -438,52) + (3 \cdot -152,15)\} \\ &= (-947.83) - (-894.97) \end{aligned}$$

$$= -52.86 \text{ kJ/mol C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$$

Reaksi ini berjalan pada kondisi eksotermis ( $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = -41,03 \text{ kJ/mol C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ) dan *exergonic* ( $\Delta G^\circ = -52,86 \text{ kJ/mol C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ )

Untuk menghitung panas yang tergenerasi selama reaksi ( $\Delta H$ ) pada reaksi ini, dihitung panas reaksi ( $\Delta H_r$ ) dan panas *dilution* ( $\Delta H_d$ ) yang dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta H = \Delta H_r + \Delta H_d \quad \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= \sum H_{j,T_{ref}} + \sum (H_{j,T_f} - H_{j,T_{ref}}) \\ &= \Delta H_{r,T_{ref}} + \Delta C_p (T_f - T_{ref}) \quad \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

$$\Delta H_{r,T_{ref}} = H_{NG,T_{ref}} + 3H_{W,T_{ref}} - H_{G,T_{ref}} - 3H_{N,T_{ref}}$$

$$\Delta C_p = C_{P,NG} + 3C_{P,W} - C_{P,G} - 3C_{P,N}$$

Keterangan:

$\Delta H$	=	<i>Enthalpy reaction</i>
$\Delta H_r$	=	<i>Heat of reaction at a temperature T</i>
$\Delta H_{r,T_{ref}} = \Delta H_{\text{rxn}}^\circ$	=	<i>Heat of reaction at standard condition</i>
$\Delta C_p$	=	<i>Heat capacity change</i>
$T_{ref}$	=	Suhu pada kondisi standar
$T_f$	=	Suhu keluar

Subscripts:

NG	=	<i>Nitroglycerine</i>
N	=	<i>Nitric acid</i>
W	=	<i>Water</i>
G	=	<i>Gliserol</i>
J	=	<i>Index of componen</i>

(Lu, et al., 2008)

$$\Delta H_d = \frac{W_{mf}H_{df} - W_{m0}H_{d0}}{M_G} \dots\dots\dots(5)$$

$$H_{df} = H_{d,T_{ref}} + \Delta C_{pd}(T_f - T_{ref})$$

$$H_{d0} = H_{d,T_{ref}} + \Delta C_{pd}(T_0 - T_{ref})$$

Dimana:

$$H_{d,T_{ref}} = -29,39 - 1276,08R_W + 1689,96R_W^2 + 0,92 R_N + 296,24R_W R_N + 42,74 R_N^2$$

$$\Delta C_{PD} = 1,4286 + 2,039R_W + 0,5496R_N$$

Keterangan:

$\Delta H_d$  = Heat of dilution

$H_{df}$  = Relative enthalpies of outflow for mixed acid

$H_{d0}$  = Relative enthalpies of inflow for mixed acid

$H_{d,T_{ref}}$  = Relative enthalpy

$W_{mf}$  = outflow masses of mixed acid

$W_{m0}$  = inflow masses of mixed acid

$M_G$  = number of moles of glycerol after reaction

$\Delta C_{PD}$  = Specific heat

$R_W$  = weight percentage of water in mixed acid

$R_N$  = weight percentage of nitric acid in anhydrous mixed acid

$T_0$  = Suhu Masuk

$T_{ref}$  = Suhu pada kondisi standar

$T_f$  = Suhu keluar

(Lu, et al., 2008)

- Mencari nilai  $\Delta H_r$

$$T_f = 15 \text{ }^\circ\text{C} = 288,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H_{r,T_{ref}} = \Delta H^\circ_{rxn} = -41.03 \text{ kJ/mol}$$

**Tabel 2.2.** Data *heat capacity*

No.	Kode	$v_i$	A	B	C	D	$C_p$ (kJ/mol K)
1.	G	-1	$1,32 \times 10^2$	$8,6 \times 10^{-1}$	$-1,97 \times 10^{-3}$	$1,81 \times 10^{-6}$	0,26
2.	N	-3	$2,14 \times 10^2$	$-7,68 \times 10^{-1}$	$1,50 \times 10^{-3}$	$-3,02 \times 10^{-7}$	0,17
3.	NG	1	-	-	-	-	0,07
4.	w	3	$9,2 \times 10^1$	$-4,00 \times 10^{-2}$	$-2,11 \times 10^{-4}$	$5,35 \times 10^{-7}$	0,08

Sumber: (Yaws, 1999)

$$\text{Dimana: } C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

Keterangan:

A,B,C,D = Heat capacity constants

$C_p$  = Heat capacity

Mencari nilai  $C_{p_{NG}}$

Specific heat capacity,  $C_{p_{NG}} = 0,82 \text{ kJ/Kg K}$ ;  $BM_{NG} = 82,05 \text{ Kg/Kmol}$

$$C_{p_{NG}} \times BM = 0,82 \text{ kJ/Kg K} \times 82,05 \text{ Kg/Kmol}$$

$$= 67,28 \text{ kJ/Kmol K}$$

$$= 0,07 \text{ kJ/mol K}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \Delta C_p &= C_{p_{NG}} + 3C_{p_w} - C_{p_G} - 3C_{p_N} \\ &= 0,07 + (3 \times 0,08) - 0,26 - (3 \times 0,17) \\ &= -0,46 \text{ kJ/mol K} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= \Delta H_{r,T_{ref}} + \Delta C_p (T_f - T_{ref}) \\ &= -41,03 + (-0,44) (288,15 - 298,15) \\ &= -36,43 \text{ kJ/mol gliserol} \end{aligned}$$

- Mencari nilai  $\Delta H_d$

$$T_f = T_0 = 15 \text{ }^\circ\text{C} = 288,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$BM \text{ HNO}_3 = 63,013 \text{ g/mol}$$



$$\text{BM H}_2\text{SO}_4 = 98,079 \text{ g/mol}$$

$$M_{NG} = 1 \text{ mol}$$

$$W_{m0} = \frac{3 \text{ mol HNO}_3 \times 63,013 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,5} = 378,078 \text{ g} = 0,38 \text{ Kg}$$

$$W_{mf} = \frac{2 \text{ mol HNO}_3 \times 63,013 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,5} = 252,05 \text{ g} = 0,25 \text{ Kg}$$

$R_N$  0,5;  $R_w$  0,3 sehingga:

$$H_{d,T_{ref}} = 204,606 \text{ kJ/Kg} \quad (\text{Lu, et al., 2008) tabel 4}$$

$$\Delta C_{pd} = 2,315 \text{ kJ/Kg K} \quad (\text{Lu, et al., 2008) tabel 4}$$

$$\begin{aligned} H_{df} &= H_{d,T_{ref}} + \Delta C_{pd}(T_f - T_{ref}) \\ &= 204,606 + 2,315 (288,15 - 298,15) \\ &= 181,456 \text{ kJ/Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{d0} &= H_{d,T_{ref}} + \Delta C_{pd}(T_0 - T_{ref}) \\ &= 204,606 + 2,315 (288,15 - 298,15) \\ &= 181,456 \text{ kJ/Kg} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \Delta H_d &= \frac{W_{mf}H_{df} - W_{m0}H_{d0}}{M_{NG}} = \frac{(0,25 \text{ Kg} \times 181,456 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}}) - (0,38 \text{ Kg} \times 181,456 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}})}{1 \text{ mol}} \\ &= -22,87 \text{ kJ/mol nitrogliserin} \end{aligned}$$

Subtitusikan nilai  $\Delta H_r$  dan  $\Delta H_d$  ke persamaan (3) untuk mendapatkan nilai panas tergenerasi ( $\Delta H$ ), maka:

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Delta H_r + \Delta H_d \\ &= -36,67 \text{ kJ/mol gliserol} + (-22,87 \text{ kJ/mol nitrogliserin}) \\ &= -59,30 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Untuk Mencari Nilai  $\Delta G$  pada kondisi operasi digunakan persamaan dibawah ini:

Diketahui:

$$T_f = 15 \text{ }^\circ\text{C} = 288,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta G = \Delta H_{298}^o - \frac{T_f}{T_{ref}} (\Delta H_{298}^o - \Delta G_{298}^o) + R \int_{T_{ref}}^{T_f} \frac{\Delta C_p}{R} dT + RT \int_{T_{ref}}^{T_f} \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T}$$

(Smith, et al., 2001)

Dimana:

$$\int_{T_{ref}}^{T_f} \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} = \Delta A \ln \tau + \Delta B T_0 (\tau - 1) + \Delta C T_0^2 \left( \frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1)$$

$$\tau = \frac{T_f}{T_{ref}}$$

$$\Delta A = \sum_i v_i A_i$$

$$\Delta B = \sum_i v_i B_i$$

$$\Delta C = \sum_i v_i C_i$$

Maka;

$$\begin{aligned} \int_{T_{ref}}^{T_f} \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} &= \left( \sum_i v_i A_i \right) \ln \tau + \frac{\sum_i v_i B_i}{2} T_0 (\tau - 1) + \frac{\sum_i v_i C_i}{3} T_0^2 \left( \frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \\ &= \left( (v_{NG} A_{NG} + v_W A_W) - (v_G A_G + v_N A_N) \right) \ln \tau + \left( (v_{NG} B_{NG} + v_W B_W) - (v_G B_G + v_N B_N) \right) T_0 (\tau - 1) \\ &\quad + \left( (v_{NG} C_{NG} + v_W C_W) - (v_G C_G + v_N C_N) \right) T_0^2 \left( \frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \\ &= \left\{ v_{NG} \left( A_{NG} \ln \tau + B_{NG} T_{ref} (\tau - 1) + C_{NG} T_{ref}^2 \left( \frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \right\} + \\ &\quad \left\{ v_W \left( A_W \ln \tau + B_W T_{ref} (\tau - 1) + C_W T_{ref}^2 \left( \frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \right\} - \\ &\quad \left\{ v_G \left( A_G \ln \tau + B_G T_{ref} (\tau - 1) + C_G T_{ref}^2 \left( \frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \right\} - \\ &\quad \left\{ v_N \left( A_N \ln \tau + B_N T_{ref} (\tau - 1) + C_N T_{ref}^2 \left( \frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \right\} \end{aligned}$$

Mencari nilai  $\int_{T_{ref}}^{T_f} \frac{C_{P_{NG}}}{R} \frac{dT}{T}$

Specific heat capacity,  $C_{p_{NG}} = 0,82 \text{ kJ/Kg K}$ ;  $BM_{NG} = 82,05 \text{ Kg/Kmol}$

$$\begin{aligned} \int_{T_{ref}}^{T_f} \frac{C_{P_{NG}}}{R} \frac{dT}{T} &= 0,82 \times \ln \frac{T}{T_0} \\ &= 0,82 \times \ln \frac{288,15}{298,15} \\ &= -0,03 \text{ kJ/Kg} \\ &= -0,03 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times 82,05 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \end{aligned}$$

$$= -2,30 \text{ kJ/Kmol} = -2,30 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol}$$

Sehingga:

$$\int_{T_{ref}}^{T_f} \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} = (1 \times -2,30 \times 10^{-3}) + (3 \times -2,18) - (1 \times -7,41) - (3 \times -4,00)$$

$$= 12,87 \text{ kJ}$$

Diperoleh:

$$\Delta G = \Delta H_{298}^o - \frac{T_f}{T_{ref}} (\Delta H_{298}^o - \Delta G_{298}^o) + R \int_{T_{ref}}^{T_f} \frac{\Delta C_p}{R} dT + RT_f \int_{T_{ref}}^{T_f} \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G = -41,03 - \frac{288,15}{291,15} (-41,03 - (-52,86)) + 4,60 + RT_f (12,87)$$

$$= -34,99 \text{ kJ/mol gliserol}$$

Keterangan:

$\Delta G$	= Perubahan energi bebas <i>gibbs</i>
$\Delta G_{298}^o = \Delta G^o_{rxn}$	= <i>Gibbs free energy change at standard condition</i>
$\Delta H_{298}^o = \Delta H^o_{rxn}$	= <i>Heat of reaction at standard condition</i>
$\Delta C_p$	= <i>Heat capacity change</i>
A,B,C,D	= <i>Heat capacity constants</i>
$\Delta S$	= <i>Entropy change</i>
$T_f$	= Suhu keluar
$T_{ref}$	= Suhu referensi
R	= <i>Ideal gas constant</i>

### 2.2.2. Tinjauan Ekonomi

Tabel 2.3. Harga Bahan Baku dan Produk

Rumus Molekul	Konsentrasi (%)	Harga	
		Rp/Kg	US\$/Kg
$C_3H_5(OH)_3(l)$ (BM: 92,09 Kg/Kmol)	99	5.745,72	0,4
$HNO_3(l)$ (BM: 63,01 Kg/Kmol)	68	3.591,08	0,25
$C_3H_5(ONO_2)_3(l)$	50	24.419,31	1,7

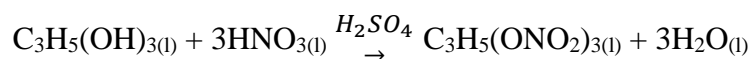
**Tabel 2.3.** Harga Bahan Baku dan Produk

Rumus Molekul	Konsentrasi (%)	Harga	
		Rp/Kg	US\$/Kg
(BM: 82,06 Kg/Kmol)			
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub> (BM: 18,01 Kg/Kmol)	-	-	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4(l)</sub> (BM: 98,08 Kg/Kmol)	98	11.347,80	0,79

Sumber: (Alibaba.com, 2022)

Keterangan: 1 USD = 14.364,30 IDR (10/02/2022)

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Konversi reaksi ( $X_A$ ) = 99,18 %

Basis Perhitungan = 1 Jam

**Tabel 2.4.** Stoikiometri Persamaan

Komponen	Simbol	Mol Awal	Mol Reaksi	Mol Akhir
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3(l)</sub>	A	F <sub>A0</sub>	-F <sub>A0</sub> .X <sub>A</sub>	F <sub>A</sub> = F <sub>A0</sub> (1-X <sub>A</sub> )
HNO <sub>3</sub> (l)	B	F <sub>B0</sub>	-3F <sub>A0</sub> .X <sub>A</sub>	F <sub>B</sub> = F <sub>B0</sub> - 3F <sub>A0</sub> .X <sub>A</sub>
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (ONO <sub>2</sub> ) <sub>3(l)</sub>	C	-	F <sub>A0</sub> .X <sub>A</sub>	F <sub>C</sub> = F <sub>A0</sub> .X <sub>A</sub>
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	D	-	3F <sub>A0</sub> .X <sub>A</sub>	F <sub>D</sub> = 3F <sub>A0</sub> .X <sub>A</sub>
Total		F <sub>T0</sub> = F <sub>A0</sub> + F <sub>B0</sub>		$F_T = F_{A0} (1-X_A) + F_{B0}$ $- 3F_{A0}.X_A + F_{A0}.X_A +$ $3F_{A0}.X_A$ $F_T = F_{A0} - F_{A0}.X_A + F_{B0}$ $- 3F_{A0}.X_A + F_{A0}.X_A +$ $3F_{A0}.X_A$ $F_T = F_{A0} + F_{B0}$ $F_T = F_{T0}$

Keterangan:

$$X_A = \frac{\text{Mol A yang bereaksi}}{\text{Mol A mula-mula}}$$

Waktu operasi selama 330 hari dalam setahun

Mol nitrogliserin ( $F_C$ )

$$F_C = 10.000 \text{ Ton/Tahun} = 10.000.000 \text{ Kg/Tahun}$$

$$F_C = 30.303,0303 \text{ Kg/Hari} = 1.262,63 \text{ Kg/Jam}$$

$$F_C = 15,39 \text{ Kmolel/Jam}$$

Mol awal gliserol ( $F_{A0}$ )

Berdasarkan tabel 2.4. Stoikiometri Persamaan, maka:

$$F_C = F_{A0} \cdot X_A$$

$$F_{A0} = \frac{F_C}{X_A}$$

$$F_{A0} = \frac{15,39}{99,18 \%}$$

$$F_{A0} = 15,51 \text{ Kmolel/Jam}$$

Mol awal asam nitrat ( $F_{B0}$ )

Diketahui: Rasio berat *mixed acid* terhadap gliserol ( $R_F$ ) = 5:1

Persentase asam nitrat terhadap *mixed acid* ( $R_N$ ) = 50% wt

$$\begin{aligned} \text{Massa gliserol} &= \text{mol gliserol} \times \text{BM gliserol} \\ &= 15,51 \text{ Kmolel/Jam} \times 92,09 \text{ Kg/Kmolel} \\ &= 1.428,67 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } \textit{mixed acid} &= \text{Massa gliserol} \times 5 \\ &= 1.428,67 \text{ Kg/Jam} \times 5 \\ &= 7.143,35 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa asam nitrat} &= 7.143,35 \text{ Kg/Jam} \times 50\% \\ &= 3.571,67 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$F_{B0} = \frac{\text{Massa asam nitrat}}{\text{BM asam nitrat}}$$

$$F_{B0} = \frac{3.571,67}{63,01}$$

$$F_{B0} = 56,68 \text{ Kmolel/Jam}$$

Mol air ( $F_D$ )

Berdasarkan tabel 2.4. Stoikiometri Persamaan, maka:

$$F_D = 3F_{A0} \cdot X_A$$

$$F_D = 3(15,51 \times 99,18\%)$$

$$F_D = 46,16 \text{ Kmol/Jam}$$

Tahapan reaksi pembentukan  $C_3H_5(OH)_3$

		$C_3H_5(OH)_{3(l)}$	+	$3HNO_{3(l)}$	$\xrightarrow{H_2SO_4}$	$C_3H_5(ONO_2)_{3(l)}$	+	$3H_2O_{(l)}$
Mol Awal	:	15,51		56,68		-		-
Mol Reaksi	:	15,39		46,16		15,39		46,16
Mol Akhir	:	0,13		10,52		15,39		46,16

▪ **Kebutuhan Biaya Tahunan**

a. **Bahan baku**

Gliserol ( $C_3H_5(OH)_3$ ) 99% wt:

$$\text{BM } C_3H_5(OH)_3 = 92,09 \text{ Kg/Kmol}$$

$$\text{Mol } C_3H_5(OH)_3 = 15,51 \text{ Kmol/Jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } C_3H_5(OH)_3 &= \text{Mol } C_3H_5(OH)_3 \times \text{BM } C_3H_5(OH)_3 \\ &= 15,51 \text{ Kmol/Jam} \times 92,09 \text{ Kg/Kmol} \\ &= 1.428,37 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\text{Massa Umpan } C_3H_5(OH)_3 = \frac{1428,32}{99\%} \text{ Kg/Jam}$$

$$= 1.443,10 \text{ Kg/Jam}$$

$$= 11.429.353,41 \text{ Kg/Tahun}$$

$$\text{Biaya Kebutuhan } C_3H_5(OH)_3 = \text{Massa } C_3H_5(OH)_3 \times \text{Harga } C_3H_5(OH)_3$$

$$C_3H_5(OH)_3 = 11.429.353,41 \text{ Kg/Tahun} \times 0,4 \text{ \$/Kg}$$

$$= 4.571.741,36 \text{ \$/Tahun}$$

Asam nitrat ( $HNO_3$ ) 68% wt:

$$\text{BM } HNO_3 = 63,01 \text{ Kg/Kmol}$$

$$\text{Mol } HNO_3 = 56,68 \text{ Kmol}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa HNO}_3 &= \text{Mol HNO}_3 \times \text{BM HNO}_3 \\
 &= 56,68 \text{ Kmol/Jam} \times 63,01 \text{ Kg/Kmol} \\
 &= 3.571,67 \text{ Kg/Jam} \\
 \text{Massa Umpan HNO}_3 &= \frac{3.571,67}{68\%} \text{ Kg/Jam} \\
 &= 5.252,46 \text{ Kg/Jam} \\
 &= 41.599.484,83 \text{ Kg/Tahun} \\
 \text{Biaya HNO}_3 &= \text{Massa HNO}_3 \times \text{Harga HNO}_3 \\
 &= 41.599.484,83 \text{ Kg/Tahun} \times 0,25 \text{ \$/Kg} \\
 &= 10.399.871,21 \text{ \$/Tahun}
 \end{aligned}$$

Biaya total umpan pada proses:

$$\text{Biaya total umpan} = (4.571.741,36 + 10.399.871,21) \text{ \$/tahun}$$

$$\text{Biaya total umpan} = 14.971.612,57 \text{ \$/tahun}$$

b. Produk

Nitrogliserin ( $\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$ ):

$$\begin{aligned}
 \text{BM C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 &= 82,06 \text{ Kg/Kmol} \\
 \text{Mol C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 &= 15,39 \text{ Kmol/Jam} \\
 \text{Massa C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 &= \text{Mol C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 \times \text{BM C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 \\
 &= 15,39 \text{ Kmol/Jam} \times 82,06 \text{ Kg/Kmol} \\
 &= 1.262,63 \text{ Kg/Jam} \\
 &= 10.000.000 \text{ Kg/Tahun} \\
 \text{Nilai C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 &= \text{Massa C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 \times \text{Harga C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 \\
 &= 10.000.000 \text{ Kg/Tahun} \times 1,7 \text{ \$/Kg} \\
 &= 17.000.000,00 \text{ \$/Tahun}
 \end{aligned}$$

$$\text{Biaya total produk} = 17.000.000,00 \text{ \$/tahun}$$

Sehingga, potensi ekonomi pada proses ini adalah:

$$\text{Potensi ekonomi} = \text{Biaya total produk} - \text{Biaya total umpan}$$

$$\text{Potensi ekonomi} = (17.000.000,00 - 14.971.612,57) \text{ \$/Tahun}$$

$$\text{Potensi ekonomi} = 2.028.387,43 \text{ \$/Tahun} \times \text{Rp}14.297,15 \text{ /\$}$$

$$\text{Potensi ekonomi} = \text{Rp} 29.136.365.545,12 \text{ /Tahun}$$

### 2.2.3. Pemilihan Proses

**Tabel 2.5.** Perbandingan Proses Pembuatan Nitrogliserin

Parameter	Proses	
	Biazzi (1935)	Schmid-Meissner (1927)
Bahan Baku	Gliserol dan Asam Nitrat	Gliserol dan Asam Nitrat
Suhu (°C)	15	18
Tekanan (atm)	1	1
Konversi	99%	93%
Jumlah Nitrogliserin dalam nitrator ( <i>safety factor</i> )	Sedikit	Lebih Banyak

Sumber: (Urbanski, 1965)

Dari tabel di atas, maka proses yang dipilih untuk pembuatan nitrogliserin adalah proses *Biazzi* dengan beberapa pertimbangan:

1. Jumlah nitrogliserin yang lebih sedikit dalam nitrator, hal ini mengurangi resiko untuk terjadinya ledakan.
2. Suhu operasi yang lebih rendah, sehingga resiko untuk terjadi kecelakaan pabrik lebih kecil.
3. Konversi yang dihasilkan lebih tinggi sehingga akan mempermudah proses pemurnian produk dan hasil yang lebih baik.



## BAB III

### SPESIFIKASI BAHAN

#### 3.1. Bahan Baku

##### 3.1.1. Gliserol ( $C_3H_5(OH)_3$ )

Wujud	: Cair <sup>1)</sup>
Konsentrasi	: 99% wt <sup>1)</sup>
<i>Impurities</i> (air)	: 1% wt <sup>1)</sup>
Berat molekul	: 92,09 g/mol <sup>1)</sup>
Titik didih	: 290° C pada 1 atm <sup>1)</sup>
Titik beku	: 18,0° C <sup>1)</sup>
Densitas	: 1,2610 g/cm <sup>3</sup> pada 15,6° C <sup>2)</sup>
Viskositas dinamik	: 1,410 Pa.s pada 20° C <sup>1)</sup>
Kelarutan	: 5,296 x 10 <sup>6</sup> mg/L air pada 25° C <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> (Christoph, et al., 2012)

<sup>2)</sup> (Kate Gleason College of Engineering, 2018)

<sup>3)</sup> (National Center for Biotechnology Information, 2012)

##### 3.1.2. Asam Nitrat ( $HNO_3$ )

Wujud	: Cair <sup>1)</sup>
Konsentrasi	: 68% wt <sup>2)</sup>
<i>Impurities</i> (air)	: 32% wt <sup>2)</sup>
Berat molekul	: 63,01 g/mol <sup>2)</sup>
Titik didih	: 82,6° C <sup>2)</sup>
Titik beku	: -41,59° C <sup>2)</sup>
Densitas	: 1,4122 g/cm <sup>3</sup> pada 15° C <sup>3)</sup>
Viskositas dinamik	: 0,746 mPa.s pada 25° C <sup>2)</sup>
Kelarutan	: Sangat larut dalam air <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> (PT Multi Nitrotama Kimia, 2022)

<sup>2)</sup> (Thiemann, et al., 2012)

<sup>3)</sup> (Handymath, 2022)

<sup>4)</sup> (National Center for Biotechnology Information, 2012)

### 3.1.3. Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Wujud	: Cair <sup>1)</sup>
Konsentrasi	: 98% wt <sup>2)</sup>
<i>Impurities</i> (air)	: 2% wt <sup>2)</sup>
Berat molekul	: 98,08 g/mol <sup>2)</sup>
Titik didih	: 339° C <sup>2)</sup>
Titik beku	: 10° C <sup>2)</sup>
Densitas	: 1,710 g/cm <sup>3</sup> pada 15° C <sup>3)</sup>
Viskositas	: 23,541 cP pada 25° C <sup>4)</sup>
Kelarutan	: Larut dalam air <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> (PT Indonesian Acid Industri, 2022)

<sup>2)</sup> (Muller, 2012)

<sup>3)</sup> (National Center for Biotechnology Information, 2022)

<sup>4)</sup> (Yaws, 1999)

<sup>5)</sup> (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022)

## 3.2. Bahan Penunjang

### 3.2.1. Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

Wujud	: Padat <sup>1)</sup>
Total alkalinitas	: 99% wt <sup>1)</sup>
<i>Impurities</i>	: Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,03% wt, NaCl 0,8% wt, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,003% wt <sup>1)</sup>
Berat molekul	: 106 g/mol <sup>1)</sup>
Titik leleh	: 851° C <sup>2)</sup>
Densitas	: 2,533 g/cm <sup>3</sup> pada 20° C <sup>2)</sup>
Kelarutan	: 30,7 g/100 g air pada 25° C <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> (Tata Chemicals Ltd, 2021)

<sup>2)</sup> (Thieme, 2012)

<sup>3)</sup> (National Center for Biotechnology Information, 2018)

### 3.3. Produk

#### 3.3.1. Nitrogliserin ( $C_3H_5(ONO_2)_3$ )

Wujud	: Cair <sup>1)</sup>
<i>Impurities</i>	: HNO <sub>3</sub> 0,0056% wt, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : 0,0010% wt <sup>3)</sup>
Berat molekul	: 82,06 g/mol <sup>2)</sup>
Titik didih	: 180° C <sup>3)</sup>
Titik beku	: 13° C <sup>3)</sup>
Densitas	: 1,6009 g/cm <sup>3</sup> pada 15° C <sup>4)</sup>
Kelarutan	: 6,00 ppm/100 ppm <i>mixed acid</i> (10% HNO <sub>3</sub> , 70% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 20% H <sub>2</sub> O) <sup>3)</sup>
Viskositas	: 37,8 cP pada 20° C <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> (Lu, et al., 2008)

<sup>2)</sup> (Ethermo, 2009)

<sup>3)</sup> (Urbanski, 1965)

<sup>4)</sup> (National Center for Biotechnology Information, 2022)

#### 3.3.2. Air (H<sub>2</sub>O)

Wujud	: Cair <sup>1)</sup>
Berat molekul	: 18,01 g/mol <sup>1)</sup>
Titik didih	: 100° C <sup>1)</sup>
Titik beku	: 0° C <sup>1)</sup>
Densitas	: 0,99919 g/cm <sup>3</sup> pada 15° C <sup>2)</sup>
Viskositas	: 0,911 cP pada 25° C <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> (Yaws, 1999)

<sup>2)</sup> (Valves Instruments Plus Ltd, 2021)

## **BAB X**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1. Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap prarancangan pabrik nitrogliserin dari gliserol dan asam nitrat kapasitas 10.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. Pabrik nitrogliserin berisiko rendah karena pabrik bukan usaha baru yang belum pernah dicoba sama sekali dengan kondisi pasar yang tidak pasti. Nilai *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak adalah 29,95% dan nilai *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2,20 tahun dimana masuk dalam batasan pabrik berisiko rendah sehingga pabrik layak untuk didirikan.
2. *Break Even Point* (BEP) sebesar 39,28% dari kapasitas produksi total dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 17,09% dari kapasitas total.
3. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) sebesar 24,50%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

#### **10.2. Saran**

Prarancangan pabrik nitrogliserin dari gliserol dan asam nitrat kapasitas 10.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aida, A. N., 2021. *Potret Industri Pertahanan Indonesia - DPR RI*. [Online] Available at: <https://berkas.dpr.go.id/puskajianggaran/referensi-apbn/public-file/referensi-apbn-public-28.pdf> [Accessed 9 January 2022].
- Alibaba.com, 2021. Alibaba.com. [Online] Available at: <http://www.alibaba.com> [Accessed 25 Agustus 2021].
- Alibaba.com, 2022. [Online] Available at: [https://www.alibaba.com/product-detail/Nitroglycerine-Columnar-Activated-Carbon-Coal-Based\\_62452375457.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.5bb579bdr9yUAE&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Nitroglycerine-Columnar-Activated-Carbon-Coal-Based_62452375457.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.5bb579bdr9yUAE&s=p) [Accessed 10 February 2022].
- Alibaba.com, 2022. Coal Based 4mm Columnar Activated Carbon For Nitroglycerine And Solvent Recovery. [Online] Available at: [https://www.alibaba.com/product-detail/Nitroglycerine-Columnar-Activated-Carbon-Coal-Based\\_62452375457.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.5bb579bdr9yUAE&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Nitroglycerine-Columnar-Activated-Carbon-Coal-Based_62452375457.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.5bb579bdr9yUAE&s=p) [Accessed 18 February 2022].
- Alibaba.com, 2022. Coal Based 4mm Columnar Activated Carbon For Nitroglycerine And Solvent Recovery. [Online] Available at: [https://www.alibaba.com/product-detail/Nitroglycerine-Columnar-Activated-Carbon-Coal-Based\\_62452375457.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.5bb579bdr9yUAE&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Nitroglycerine-Columnar-Activated-Carbon-Coal-Based_62452375457.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.5bb579bdr9yUAE&s=p) [Accessed 18 February 2022].

Alodokter, 2020. *Nitrogliserin*. [Online] Available at: <https://www.alodokter.com/nitrogliserin> [Accessed 1 March 2022].

*Annual Salary Report*. 2022, October.

Aries, R. S., & Newton, R. D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. In McGraw-Hill Chemical Engineering Series. New-York: McGraw-Hill Book Company.

Atkins, P. & Paula, J. D., 2006. *Atkins' Physycal Chemistry*. 8th ed. s.l.:W. H. Freeman and Company.

Austin, S. & Glowacki, A., 2012. *Hydrochloric Acid*. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp. 191-205.

Badan Pusat Statistik, 2015. *Rata-rata Harian Aliran Sungai, Tinggi Aliran dan Volume Air di Beberapa Sungai yang Daerah Pengalirannya Lebih dari 100 km<sup>2</sup>*. [Online] Available at: <https://www.bps.go.id> [Accessed 10 November 2021].

Badan Standardisasi Nasional, 2016. *Mengenal Lebih Dekat Industri Penerap SNI, PT Timuraya Tunggal*. [Online] Available at: <https://www.bsn.go.id> [Accessed 26 October 2021].

Bergman, Y., 2008. *Development and Production of Smokeless Military Propellants in France, 1884-1918*, Tel Aviv: Tel-Aviv University.

Bli-bli.com, 2022. Bli-bli.com. [Online] Available at: [https://www.blibli.com/p/glycerine-sumi-asih-99-8-10kg-pail/is--KAK-70086-00159-00001?gclid=Cj0KCQiAjJOQBhCkARIsAEKMtO3\\_K9\\_kGsgJdzbAcny7GFq43sXVoN6NbVfqcoO1mDmczHGwDNWlQZkaAhK5EALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://www.blibli.com/p/glycerine-sumi-asih-99-8-10kg-pail/is--KAK-70086-00159-00001?gclid=Cj0KCQiAjJOQBhCkARIsAEKMtO3_K9_kGsgJdzbAcny7GFq43sXVoN6NbVfqcoO1mDmczHGwDNWlQZkaAhK5EALw_wcB&gclsrc=aw.ds) [Accessed 10 February 2022].

Chemeo, 2022. <https://www.chemeo.com>. [Online] Available at:  
<https://old.chemeo.com/cid/47-118-9/1%2C2%2C3-Propanetriol>  
[Accessed 21 Desember 2021].

Chemical, N., 2021. Tokopedia.com. [Online] Available at:  
<https://www.tokopedia.com/find/k2so4>  
[Accessed 21 Desember 2021].

Christoph, R. et al., 2012. Glycerol. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp. 67-82.

climate-data.org, 2019. *Gresik Climate (Indonesia)*. [Online] Available at:  
<https://en.climate-data.org/>  
[Accessed 9 Juli 2021].

Copperhead Chemical Company, 2019. *Nitroglycerine Formulations*. [Online] Available at:  
<https://www.copperheadchemical.com/products/nitroglycerin/>  
[Accessed 1 March 2022].

Dean, J. A., 1999. Lange's Handbook of Chemistry. 15 th ed. Chicago: McGraw-Hill, Inc..

Doan, C., Le, H., Lower, S. & Emiritus, p., 2021. Chemistry LibreTexts. [Online] Available at:  
[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\\_Textbook\\_Maps/Supplemental\\_Modules\\_\(Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\)/Thermodynamics/Energies\\_and\\_Potentials/Free\\_Energy/Gibbs\\_\(Free\)\\_Energy](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Thermodynamics/Energies_and_Potentials/Free_Energy/Gibbs_(Free)_Energy)  
[Accessed 06 December 2021].

Ethermo, 2009. R407F Thermodynamic & Transport Properties. [Online] Available at:  
<http://www.ethermo.us/Show2588Vatemp!288.15!1~press!202.65!18.htm>  
[Accessed 16 February 2022].

Fajrin, 2017. *Sejarah Sumiasih*. [Online] Available at: <https://id.scribd.com/document/338546091/SEJARAH-SUMIASIH> [Accessed 3 March 2022].

Google Earth, 2022. [Online] Available at: <https://earth.google.com/web/search/Cisadane+Raya+Chemicals.+PT,+Jalan+Imam+Bonjol,+RT.001%2fRW.004,+Bojong+Jaya,+Kota+Tangerang,+Banten/@-6.20403762,106.62329906,15.96127753a,545.30350575d,35y,0.00000001h,9.47725784t,0r/data=CigiJgokCSMrRh3l7UNAEdAFKP6A0> [Accessed 23 February 2022].

Green, D. W. & Perry, R. H., 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 8th ed. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc..

Gunadi, N., 2007. Penggunaan Pupuk Kalium Sulfat sebagai Alternatif Sumber Pupuk Kalium pada Tanaman Kentang. *J. Hort.*, 17(1), pp. 52-60.

Headquarters, D. o. T. A., 1984. *MILITARY EXPLOSIVE*, Washington, D.C.: Headquarters, Department of The Army.

Himmelblau, D. M. & Riggs, J. B., 2012. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. 8th ed. Michigan: Pearson Education, Inc..

Kelley, K. K., 1960. *Contributions to The Data on Theoretical Metallurgy*. United State: United State Government printing Office Washington.

Kimia, C., 2021. Tokopedia.com. [Online] Available at: <https://www.tokopedia.com/find/hcl-1-liter/c/banten> [Accessed 21 Desember 2021].

Kobayashi, K. & Fukatsu, K., 1980. *Process for Producing Potassium Sulphate*. Japan, Patent No. 8023793.

Kobayashi, K. & Fukatsu, K., 1980. *Process for Producing Potassium Sulphate*. Japan, Patent No. GB 2053881 A.



- Kosim, M. E., 2016. Pengaruh Waktu Pereaksian K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap Yield Pembuatan Alum dari Tanah Liat Plered dengan Proses Kering. *KONVERSI*, 5(2), pp. 81-86.
- Lafont, J., 1959. PREPARATION OF POTASSIUM SULPHATE FROM CALCIUM SULPHATE AND POTASSIUM CHLORIDE. Paris, France., Patent No. US2,882,128.
- Lu, K.-T., Luo, K.-M., Yeh, T.-F. & Lin, P.-C., 2008. The Kinetic Parameters and Safe Operating Conditions of Nitroglycerine Manufacture in the CSTR of Biazzi Process. *Process Safety and Environmental Protection*, 86(1), pp. 37-47.
- Maesaroh, S., Sedyawati, S. M. R. & Mahatmanti, F. W., 2014. Pembuatan Pupuk K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dari Ekstrak Abu Serabut Kelapa dan Air Kawah Item. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(3), pp. 239-243.
- McKenzie, R. H. & Doon, P., 2013. Potassium Fertilizer Application in Crop Production. *Agri-facts*, 1 Januari, p. 7.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017. [Online] Available at: [http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk\\_hukum/PMK\\_No.\\_32\\_ttg\\_Standar\\_Baku\\_Mutu\\_Kesehatan\\_Air\\_Keperluan\\_Sanitasi,\\_Kolam\\_Renang,\\_Solus\\_Per\\_Aqua\\_.pdf](http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No._32_ttg_Standar_Baku_Mutu_Kesehatan_Air_Keperluan_Sanitasi,_Kolam_Renang,_Solus_Per_Aqua_.pdf) [Accessed 14 April 2022].
- Muller, H., 2012. Sulfuric Acid and Sulfur Trioxide. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp. 141-211.
- National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022. Sulfuric Acid. [Online] Available at: <https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/5193> [Accessed 24 February 2022].

O'Brian, T. F., Bommaraju, T. V. & Hine, F., 2005. Handbook of Chlor-Alkali Technology. United States Of america: Springer-Science.

Pemerintah Kabupaten Gresik, 2011. Peraturan Daerah Kabupaten Gresik Nomor 8 Tahun 2011. [Online] Available at: <https://www.slideshare.net> [Accessed 8 Juli 2021].

Pemerintah Kota Tangerang, 2021. Batas Administrasi Kota Tangerang. [Online] Available at: <https://maps.tangerangkota.go.id/wilayah/> [Accessed 23 February 2022].

Pemerintah Provinsi Jawa Timur, 2019. BAB-I-RPJMD-2014-2019. [Online] Available at: <http://jatimprov.go.id> [Accessed 8 Juli 2021].

Presiden Republik Indonesia, 1999. Undang-Undang No. 5 Tahun 1999. [Online] Available at: <https://jdih.esdm.go.id> [Accessed 8 Juli 2021].

PT Bukalapak.com, 2021. Jual KCL Potasium Chloride 97 persen. [Online] Available at: <https://www.bukalapak.com> [Accessed 6 November 2021].

PT Indonesian Acid Industri, 2022. Asam Sulfat. [Online] Available at: [http://www.indoacid.com/ind/asam\\_sulfat\\_i.htm](http://www.indoacid.com/ind/asam_sulfat_i.htm) [Accessed 14 February 2022].

PT Indonesian Acid Industri, 2022. *Profil Perusahaan*. [Online] Available at: [www.indoacid.com/ind/inside\\_us\\_i.htm](http://www.indoacid.com/ind/inside_us_i.htm) [Accessed 9 February 2022].

PT Multi Nitrotama Kimia, 2022. Product. [Online] Available at: <https://mnk.co.id/service/product/> [Accessed 12 February 2022].

- PT Petrokimia Gresik, 2019. *Kapasitas Produksi*. [Online] Available at: <https://petrokimia-gresik.com>  
[Accessed 25 November 2021].
- PT Petrokimia Gresik, 2019. Pupuk ZK Petro. [Online] Available at: <https://petrokimia-gresik.com>  
[Accessed 02 November 2021].
- PT Petrokimia Gresik, 2020. *Laporan Tahunan 2020*, Gresik: PT Petrokimia Gresik.
- PT Pindad (Persero), 2018. *Seminar Nasional Propelan*. [Online] Available at: <https://www.pindad.com/seminar-nasional-propelan>  
[Accessed 9 January 2022].
- PT Timuraya Tunggal, 2013. *Potassium Chloride*. [Online] Available at: <http://www.timuraya.com>  
[Accessed 26 October 2021].
- Sari, P. D. R., 2022. *Kapasitas Produksi Gliserin PT Cisadane Raya Chemicals* [Interview] (10 February 2022).
- Smith, J. M., Ness, H. C. V. & Abbott, M. M., 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 6th ed. Singapore: McDraw-Hill.
- Sugiarto, D. S., 2000. *Metode Statistika untuk Bisnis dan Ekonomi*. 1st ed. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Tahoon, K. K. et al., 1993. Thermal Study of The Phase Transitions in Potassium Hydrogen Sulphate KHSO<sub>4</sub>. *Acta Physica Polonica A*, 86(3), p. 352.
- Tata Chemicals Limited, 2020. *News Room*. [Online] Available at: <https://www.tatachemicals.com/News-room/Articles/Mithapur,-the-mother-plant>  
[Accessed 9 February 2022].

- Tata Chemicals Ltd, 2021. Dense Soda Ash. [Online] Available at: <https://www.tatachemicals.com/Asia/Products/Basic-chemistry/Soda-ash/dense-soda-ash>  
[Accessed 14 February 2022].
- Tchobanoglous, G. & Burton, F. L., 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse 3rd Edition. New York: McGraw-Hill.
- Thiemann, M., Scheibler, E. & Wiegand, K. W., 2012. Nitric Acid, Nitrous Acid, and Nitrogen Oxides. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp. 177-225.
- Thieme, C., 2012. Sodium Carbonates. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp. 301-317.
- Tokopedia.com, 2021. Agrophoria. [Online] Available at: <https://www.tokopedia.com/agrophoria/pupuk-meroke-kcl?whid=0>  
[Accessed 21 Desember 2021].
- Tokopedia.com, 2021. Cepy Kimia. [Online] Available at: <https://www.tokopedia.com/find/asam-sulfate>  
[Accessed 21 Desember 2021].
- Tokopedia.com, 2022. [Online] [Accessed 10 February 2022].
- UN Comtrade Database, 2022. *Trade Statistics*. [Online] Available at: <https://comtrade.un.org/data/>  
[Accessed 9 January 2022].
- Urbanski, T., 1965. Chemistry and Technology of Explosives. 1st ed. Poland: Pergamon Press Ltd.,.
- Urbanski, T., 1965. Chemistry and Technology of Explosives. 2nd ed. Warszawa: PWN - Polish Scientific Publishers.

Weingartner, H. et al., 2012. Water, 1. Properties, Analysis and Hydrological Cycle.  
In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp. 1-40.

Worthington, R. E., Magdics, A. & Stain, D. B., 1986. Method for The Production of Potassium Sulfate using Sulfuric Acid and Potassium Chloride. United States of America, Patent No. 4,588,573.

Yaws, C. L., Balundgi, D. R. & Tripathi, S., 1999. Chemical Properties Handbook. Lamar University, Beaumont, Texas.: The McGraw-Hill Companies, Inc..

Zaidar, E., 2003. *Nitrogliserin Dapat Digunakan Sebagai Bahan Peledak*. [Online] Available at: <https://repository.usu.ac.id/handle/123456789/1852> [Accessed 9 January 2022]